

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 03072684  
PUBLICATION DATE : 27-03-91

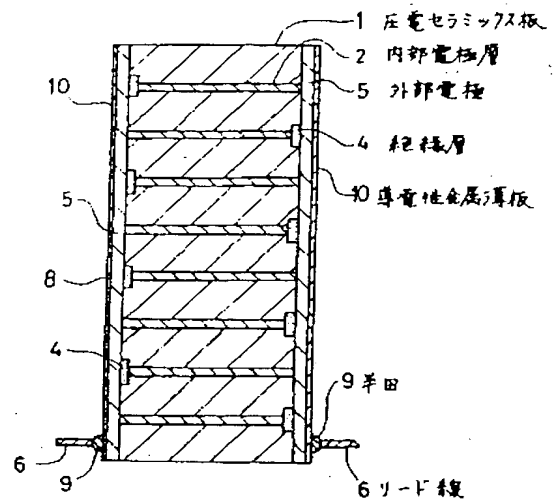
APPLICATION DATE : 31-01-90  
APPLICATION NUMBER : 02021469

APPLICANT : FUJI ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : KAMATAKI HIROTERU;

INT.CL. : H01L 41/09

TITLE : LAMINATION TYPE PIEZOELECTRIC ELEMENT



**ABSTRACT :** **PURPOSE:** To facilitate slit machining and outer electrode coating, and prevent an insulating layer from exfoliating from a laminated body, by forming each piezoelectric ceramics plate so as to have two parallel side surfaces and two circular-arc side surfaces which are symmetric with respect to the center line of the laminated body, stacking it in a concentric type, and using the same thermosetting insulative resin for both of the insulating layer and the surface protective layer.

**CONSTITUTION:** Two outer peripheral side surfaces positioned on the opposite sides with respect to the center of a laminated body are grounded so as to form parallel surfaces. Two surfaces whose widths are nearly equal to or larger than the width of an outer electrode 5 which is fixed on said surfaces are formed. On the outer peripheral part of each inner electrode layer 2 exhibiting two parallel surfaces of the laminated body, slit machining is performed every other layer. On the whole periphery of the laminated body, insulating material is spread and hardened. An insulating layer 4 buried in each slit is formed, and a surface protective layer 8 is formed on the circular-arc surface of the outer periphery of the laminated body. In order to expose each of the outer peripheral surfaces of a piezoelectric ceramics plate 1, the inner electrode layer 2, and the insulating layer 4 on the same surface, superfluous insulating material is ground and removed.

**COPYRIGHT:** (C)1991, JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A)

平3-72684

⑥Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬公開 平成3年(1991)3月27日

H 01 L 41/09

7454-5F H 01 L 41/08

S

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全8頁)

⑭発明の名称 積層型圧電素子

⑰特 願 平2-21469

⑱出 願 平2(1990)1月31日

優先権主張 ⑲平1(1989)5月15日⑳日本(JP)㉑特願 平1-121055

⑲平1(1989)5月15日⑳日本(JP)㉑特願 平1-121057

⑲発 明 者 河 村 幸 則 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑲発 明 者 松 本 徳 勝 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑲発 明 者 鎌 滝 裕 輝 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑲出 願 人 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

⑲代 理 人 弁理士 山 口 巖

## 明 細 書

1. 発明の名称 積層型圧電素子

2. 特許請求の範囲

1) (a) 側面がいずれも外方にふくらむ二つの円弧面と、側面が互いに平行な二つの平面とで囲まれた四辺形を呈した圧電セラミックス板を複数個積み重ねた積層体、

(b) 前記積層体の各圧電セラミックス板の間に、各圧電セラミックス板の表面に密接して埋め込んだ内部電極層、

(c) 積層体の二つの平行な平面を呈する部分に露出する内部電極層の外周に、これら内部電極層の1層おきに二つの平面部分で互い違いとなるように設けたスリットの中にそれぞれの熱硬化型絶縁樹脂を埋め込んで形成した絶縁層、

(d) 積層体の二つの円弧面を呈する側面を前面覆い前記絶縁層と一体に形成され、この絶縁層と同一の熱硬化型絶縁樹脂からなる表面保護層、

(e) 各圧電セラミックス板、各内部電極層および各絶縁層が露出する積層体の二つの平行な平面

を呈する側面のそれぞれの全面に接着された常温硬化型導電性樹脂からなる外部電極、

(f) 各外部電極の表面の全面に圧着した導電性金属薄板

を有することを特徴とする積層型圧電素子。

2) 請求項1記載の積層型圧電素子であって、外部電極と導電性金属薄板の代わりに長手方向の両端に金属端子を備えた平網導体の網目内に導電性樹脂を充填したものをを用いたことを特徴とする積層型圧電素子。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は電界によって圧電材料に誘起される伸縮歪を利用し、アクチュエータとして用いられる積層型圧電素子の構造に関する。

(従来の技術)

近年メカトロニクス機器が急速に発展し、これに伴って例えばロボットなどを駆動し、微小な変位や発生力を利用した制御装置として用いられる圧電アクチュエータの開発も盛んである。特に

厚さ方向に分極された圧電材料をその分極方向が互いに対向するようにスタックとして積み重ね、圧電材料層に電界誘起歪を発生させる積層型圧電素子は、小さな電圧により大きな変位を得ることができるのでその有用性が注目されている。

この種の積層型圧電素子は例えば第6図(a)、(b)にその構造を模式断面図により示したものが知られている。第6図(a)は平面図、第6図(b)は第6図(a)のA-A'断面図である。第6図(a)、(b)において、この積層型圧電素子はジルコン酸チタン酸鉛などの圧電セラミックス板1と、金属を主成分とする導電性の内部電極層2とが交互に多数積層された積層体の上下両端面に、内部電極層2を介して圧電セラミックス板1と同質の材料からなる保護層3を設けてあり、各内部電極層2は積層体の中心軸に関して互いに反対位置にある外周部において、一層おきに機械加工により部分的に除去して設けたスリットに縦方向で左右非対称となるように絶縁層4を充填して電氣的に絶縁し、側面に一層おきに露出している各部材を連結する外部電極5を

- 3 -

圧電セラミックス板1となし、この圧電セラミックス板1の表裏両面に銀ペーストをスクリーン印刷し、600℃、10分間の焼き付けを行ない内部電極層2を形成する。この状態で再度表面に銀ペーストを塗布した後、別途作製した保護層3とともに圧電セラミックス板1を80~100枚積層し、約1Kg/cm<sup>2</sup>の圧力を加えながら600℃で30分間焼き付けることにより、内部電極層2が交互に積み重ねられた多層の柱状積層体を得られる。次にこの積層体の中心に対して互いに反対側に位置する外周面に内部電極層2の外周を部分的に機械的に削りとったスリットを設けてある。このスリットを設ける個所は、各内部電極層2の一層おきに対向する側面で互い違いとなっており、各スリットの中に数100℃程度で焼き付け可能な無機系セラミックス材料を充填して絶縁層4を形成する。そして積層体の側面に付着したセラミックス材を研削除去し、各内部電極層2の端面を1層おきに露出させ、各圧電セラミックス板1と各内部電極層2と各絶縁層4との露出面となっている積層体両側

- 5 -

に取り付け、この外部電極5からリード線6を介して図示しない直流電源の極性の異なる端子7、7aに電氣的に並列接続する構造となっている。さらに積層体の外周面は、二つの外部電極5、5の間の電極の設けられない部分が表面保護層8により被覆され、積層体の外周面に露出する各内部電極層2間の端面絶縁と、この積層型圧電素子の環境汚染からの保護がなされている。そして直流電源端子7、7aに異なる極性の電圧を印加したとき、圧電セラミックス板1内に生じた電界による圧電縦効果の伸び歪が積層方向に発生し、各圧電セラミックス板1の歪が相加されて積層体全体としてこの積層型圧電素子に大きな伸び歪が生ずるのである。

このような積層型圧電素子は概ね次のようにして製造される。まず高い圧電歪定数を有するPbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>-Pb(Ni,Nb)O<sub>3</sub>、もしくはPbTiO<sub>3</sub>-PbZrO<sub>3</sub>-Pb(Mg,Ni)O<sub>3</sub>からなる圧電セラミックスの原料粉末を成形、1150~1200℃で焼成、研磨などの過程によって厚さ0.5mm、直径25mm程度の円板状の

- 4 -

面に、無機系銀ペーストを塗布、焼成して外部電極5を設けた後、リード線6を半田付けし、さらに積層体側面の外部電極5以外の部分に熱硬化型のシリコン樹脂を塗布、硬化させて表面保護層8を設けることにより、第6図(a)、(b)に示した積層型圧電素子を得ることができる。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、以上のような構造を持つ積層型圧電素子には、絶縁層4と外部電極5に関して次の問題がある。

第一の問題は、この積層型圧電素子に用いられる圧電セラミックス板1は、その製造過程におけるセラミックス成形上の技術的な制約と、積層体の外形加工の容易なことから、その形状を一般に円板状としているために、円板状となった積層体は絶縁層4を形成するためのスリット加工や、外部電極5の塗布を積層体側面の円弧部分で行なわねばならないことである。即ち、スリット加工時に基準となる面がないため加工効率が悪く、深さ方向の寸法精度も低下し、またスクリーン印刷に

- 6 -

よる外部電極5の塗布も不均一になりやすい。

第二の問題は、外部電極は当然のことながらワイヤーを用いて内部電極層2を接続することもできるが、ワイヤーでは多数の点接合が難しい上に、積層体の外側に突出して周囲の物体に接触しやすく短絡の可能性を生ずるので、その点第6図(a)、(b)のような外部電極5を用いた方が有利であり、この外部電極5と絶縁層4に係わることである。

外部電極5は、これに直接リード線6を半田付けするためには、無機系の銀ペーストを用い、この銀ペーストの焼き付けに耐えるように、絶縁層4はセラミックスなどの無機系絶縁材料を用いる。しかし、電圧印加による素子駆動時の伸縮に対して、無機系絶縁材料は追従性が十分でなく、絶縁層4の周辺に隙間が生じてこれが拡大し、遂には絶縁層4の剥離に起因する絶縁不良から外部電極5と内部絶縁層2が短絡するに至り、素子の伸縮回数は100万回程度になってしまう。したがって、素子駆動時の伸縮に絶縁層4をよく追従させるためには、絶縁層4および外部電極5にいずれも有

- 7 -

填して形成した絶縁層と、積層体の各円弧状となる側面に形成する表面保護層とにいずれも同じ熱硬化型の絶縁性樹脂を用い、積層体の各平面側面に設ける各外部電極は常温硬化型の導電性樹脂で形成し、さらに各外部電極の全面に導電性金属薄板を接着して、この金属薄板の一部にリード線を半田付けする構造としたものであり、またはその構成部材のうち外部電極と導電性金属薄板との双方の役割を兼ねるものとして、これらの代わりに導電性樹脂を網目に充填した平網導体を用いたものである。

(作用)

上記のように本発明の積層型圧電素子は、積層体の作製を容易にするために、積層体の中心線に関して対称となる二つの平行側面と二つの円弧状側面を持つように、各圧電セラミックス板を形成してこれらを同心状に積み重ね、絶縁層と表面保護層との双方に同一の熱硬化型絶縁性樹脂を用いているので、これらが一体となって共有する連結部が形成され、絶縁層は素子の伸縮に対して剥離

- 9 -

機系の柔軟な材料を用い、これに適した構造の積層型圧電素子とするのが好ましい。

本発明は上述の点に鑑みてなされたものであり、その目的は、積層体をスリット加工や外部電極塗布を容易に行なうことができる形状とすると同時に、絶縁層が素子の伸縮駆動に対してよく追従し積層体から剥離することなく、耐久性の高い積層型圧電素子を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

上記の課題を解決するために、本発明の積層型圧電素子は、複数の圧電セラミックス板の形状を、いずれも側面が外方にふくらむ二つの円弧面と、側面が互いに平行な二つの平面とで囲まれた四辺形となし、このような形状の圧電セラミックス板を同心状に所定数積み重ねて、各圧電セラミックス板の間には内部電極層を埋め込んで形成した積層体の外周が二つの円弧面と二つの平行面とを有する柱状積層体として構成し、この積層体の各平面となる側面において各内部電極層の露出部に交互に1層おきに設けたスリットに絶縁材を充

- 8 -

し難く、しかも弾力性を持っているから素子の伸縮によく追従する。外部電極には常温硬化型の導電性樹脂を用いているので、これを形成するとき絶縁層を劣化させることもない。

また、外部電極と導電性金属薄板に代わって、導電性樹脂を網目に充填した平網導体を用いるときは、取り付けが簡単であり、リード線の半田付けも容易に行なうことができ、素子の伸縮作用に対してよく追従する。

以上のことから、本発明の積層型圧電素子は、駆動中に部材の剥離などを生ずることなく、安定に作動し素子の耐久性も増大する。

(実施例)

以下本発明を実施例に基づき説明する。

第1図(a)、(b)および第2図(a)、(b)は本発明の積層型圧電素子の構成を示す模式図であり、第6図(a)、(b)と共通部分を同一符号で表わしてある。第1図(a)は平面図、第1図(b)は第1図(a)のA-A'断面図で表わし、そして第2図(a)、(b)は第1図(a)、(b)の直角方向からみた図として、第2図(a)が平面

- 10 -

図、第2図(b)は第2図(a)のA-A'断面図を示したものである。以下、第1図(a)、(b)および第2図(a)、(b)を併用参照して説明する。第1図(a)、(b)と第6図(a)、(b)との比較からわかるように、本発明の積層型圧電素子が構造上従来素子と異なる所は、積層体の形状に関して、外部電極5の取り付け部分が縦方向に互いに平行な平面を形成していることと、外部電極5の外側に導電性金属薄板10を取り付けたことであり、そのほか絶縁層4と表面保護層8とを同じ熱硬化型樹脂を用いて形成したことである。

本発明の積層型圧電素子は次のようにして作製することができる。圧電セラミックス板1の組成および焼結体とした後に、内部電極層2を焼き付けて円柱状の積層体を形成する過程までは、既に述べた第6図(a)、(b)の場合と同様である。その後本発明では、この積層体の中心に対して反対側に位置する二つの外周側面を、互いに平行な平面となるように研削し、後にこの面に取り付ける外部電極5の幅寸法と同程度またはそれより大きい幅

-11-

形成され、積層体の外周の円弧面部分に表面保護層8が形成される。しかし、この状態では積層体の外周は、全周が絶縁材料で覆われているので、平面部分の方は、圧電セラミックス板1、内部電極層2および絶縁層4の各外周面が同一平面上に露出するように、これらを覆っている余分の絶縁材料を研削除去する。かくして絶縁層4が完成されるが、このとき各絶縁層4は、いずれも表面保護層8と一体となって連結している。

この様子を示したのが第3図(a)、(b)であり、第3図(a)はこの積層体の内部電極層2の床面に平行な横断面図で表わし、第3図(b)は第3図(a)の内部電極層2の一つ上、もしくは一つ下に位置する内部電極層2の同じく積層体の床面に平行な横断面図として表わしたものである。第3図(a)、(b)からわかるように、絶縁層4は各内部電極層2についてその端面で左右交互に、即ち絶縁層4の縦方向列に関しては、積層体の外周の二つの平行な平面部分で、いずれも1層おきに表面保護層8と一体となって形成され露出している。

-13-

を有する二つの平面を形成する。即ちこの積層体は第1図(a)に見られる形状の圧電セラミックス板1と内部電極層2を交互に所定の数だけ積み重ねたものとなる。次に積層体の二つの平行な平面を呈する側面における各内部電極層2の外周部に、1層おきにスリット加工を行なうが、スリットを設ける個所は第6図(a)、(b)の場合と同じである。ここで積層体の全外周面に絶縁材料を刷毛などを用いて塗布する。絶縁層4を形成する絶縁材料としては、例えば長瀬チバ社製の商品名XN1063、XN1075の2液性の熱硬化型エポキシ樹脂などが線膨脹係数が小さく、弾力性に富み、積層型圧電素子の伸縮によく耐えるものとして適している。この絶縁材料は流動性があるから、これを塗布するとき流れ落ちないように積層体を横にして行なうが、スリットの中によく充填させるためにも、積層体の絶縁層4が位置する部分を平面として形成しておくことが必要となる。絶縁材料塗布後は120℃で2時間加熱し硬化させることにより、積層体の平面部分に各スリットに埋め込まれた絶縁層4が

-12-

再び第1図(b)に戻って述べると、その後は余分の絶縁材料を除去した積層体の各平面部分にそれぞれの外部電極5を取り付けるが、この材料は先に用いた熱硬化型絶縁材料に影響を及ぼさないよう、例えば常温硬化型のエポキシ樹脂系の導電性接着剤を塗布する。しかし、これに直接半田付けを行なうことはできないから、リード線6を半田9を用いて予め接続しておいた例えば銅などの導電性金属薄板10を外周電極5の外側から接着して仮止めした後、熱収縮チューブなどを被せて加熱圧着させる。

なお、第1図(a)、(b)および第2図(a)、(b)では、第6図(a)、(b)で述べた保護層3と電源端子7、7aは、説明の便宜上、図示を省略してある。

次に以上のようにして得られた本発明の積層型圧電素子につき、室温ないし80℃において無負荷で直流400Vを印加し、1秒間に2回駆動させることにより耐久性試験を行なった。その結果従来素子が $10^4$ 回程程度の伸縮回數で絶縁不良を起こしていたのに対して、本発明の素子は $5 \times 10^6$ 回駆

-14-

動後もなんら異常を生ずることなく、長時間安定性を保っていることが認められた。

次に第4図(a)、(b)は外部電極5と導電性金属薄板10の代わりに、これらを兼備したものとして、平網導体11を用いた場合の積層型圧電素子を示す模式図であり、第4図(a)は平面図、第4図(b)は第4図(a)のA-A'断面図である。この素子の構成は基本的には第1図(a)、(b)に対応するものであるから、便宜上第2図(a)、(b)に相当する図は省き、また表面保護層8、リード線6なども図示を省略してある。

第5図はその平網導体11の形状を示した模式平面図である。第5図に示したように、平網導体11はいずれも300~400 $\mu$ m程度の線径を有するCuまたはAl線を用いて、これらをメッシュ状または液状に編んだ編線部12とその長さ方向両端に接続したCuまたはAl板の二つの端子部13とからなり、長さは網線部12が70~80mm、端子部13がそれぞれ5mm程度である。

第4図(a)、(b)に示した積層型圧電素子を作製す

-15-

素子の各平網導体11間に直流400Vを印加したとき、この素子は30~40 $\mu$ mの変位と1000Kgの発生力を示し、良好な特性値を示した。さらに300万回の連続電圧印加後の特性値も初期値と変わることなく、高い信頼性を持っていることが認められた。

なお、上記の二つの実施例に共通することであるが、積層体の外周に設けた平面部分の幅を、この面に形成する外部電極の幅より大きくしておく、外部電極がこの平面部分から円弧面部分にはみ出すことがなくなるので、絶縁上の信頼性が高くなり有利である。

(発明の効果)

① 圧電セラミックス板を多数積み重ねた円柱状の積層体をそのまま用いていた従来の積層型圧電素子は、絶縁層を形成するためのスリット加工や外部電極の塗布を積層体の円弧面で行なわねばならなかったため、スリット加工精度が悪く、外部電極の塗布形成も不均一であったのに対し、本発明では積層体の外周の対向する二つの位置に、少なくとも絶縁層の露出幅より大き

る方法は、前述の第1図(a)、(b)に示したものと、絶縁層4、表面保護層8を形成するまでの過程は同じであるからその説明は省略し、ここではその後の手順のみ述べる。即ち絶縁層4、表面保護層8を形成した後は、各圧電セラミックス板1、各内部電極層2および各絶縁層4の両端面が露出している積層体の外周の二つの平行な平面部分に、それぞれ第5図に示した平網導体11を取り付ける。その取り付け方は、一方の平面部分の長手方向に平網導体11の長手方向を接触させた状態で、網線部12の網目から導電性接着剤の樹脂を押し込んで外部電極に相当する部分を形成し、これと同様にしてもう一方の平面部分にも、網目に導電性接着剤を充填した平網導体11を取り付ける。その後は各平網導体11の一方が正極、他方が負極となるように、これらの端子部13の一つにここでは図示を省略したリード線を半田付けすればよい。したがって、この積層型圧電素子には第1図(a)、(b)に見られるような導電性金属薄板10は不要となる。

以上のようにして得られた本発明の積層型圧電

-16-

い幅寸法を持つ互いに軸線に平行な平面を二つ設けて、これらの面上に露出する圧電セラミックス板、内部電極層、絶縁層の各端面に外部電極を塗布する構造としたため、スリット加工の際に基準となる面があるので加工が極めて容易となる上に、スリット深さ方向の寸法が均一となり、塗布された外部電極も厚さの一樣なものが得られる。

② 積層型圧電素子は、従来絶縁層に無機系のセラミックス材を用いており、これが素子の伸縮駆動に十分追従することができず、剥離などを起こし絶縁不良の原因となっていたが、本発明では絶縁層と表面保護層の双方に、同じ熱硬化型樹脂の線膨脹係数が小さくて弾性に富む絶縁材料を使用したため、絶縁層と表面保護層は、これらが交わる所で一体となって連結し、絶縁層は内部電極層からの剥離や劣化を生ずることがない。このように、本発明の積層型圧電素子は、構成部材の形成が効率よく容易に行なわれ、絶縁材料と導電材料の使い分けも効果的である。

-18-

-17-

③ さらに外部電極に有機系の導電性樹脂を用いたことから、これに直接リード線を半田付けすることができず、導電性金属薄板を接続しなければならないことに関しては、本発明ではこれらの代わりに平網導体を使用して、その網目から導電性樹脂を充填固定し、平網導体の端子部に半田付けすることも可能であり、このようにすれば、製造が簡単で導電性金属薄板が不要となり、平網導体が素子の伸縮作用によく追従し剥離などの不都合を生ずる事もない。

以上の点を総合すると、本発明の積層型圧電素子は長時間の使用に十分耐え、素子の安定性を増し、高い信頼性を得ることができるという大きな効果を有する。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a)は本発明の積層型圧電素子の構造を示す模式平面図、第1図(b)は同じく模式縦断面図、第2図(a)は第1図(a)の直角方向からみた模式平面図、第2図(b)は第1図(b)の直角方向からみた模式縦断面図、第3図(a)は本発明の積層型圧電素子の

内部電極層の模式横断面図、第3図(b)は第3図(a)の内部電極層の一つ上もしくは一つ下に位置する内部電極層の模式横断面図、第4図(a)、(b)は第1図(a)、(b)とは異なる本発明の積層型圧電素子の構造を示し、第4図(a)は模式平面図、第4図(b)は同じく模式縦断面図、第5図は平網導体の模式平面図、第6図(a)は従来の積層型圧電素子の模式平面図、第6図(b)は同じく模式縦断面図である。

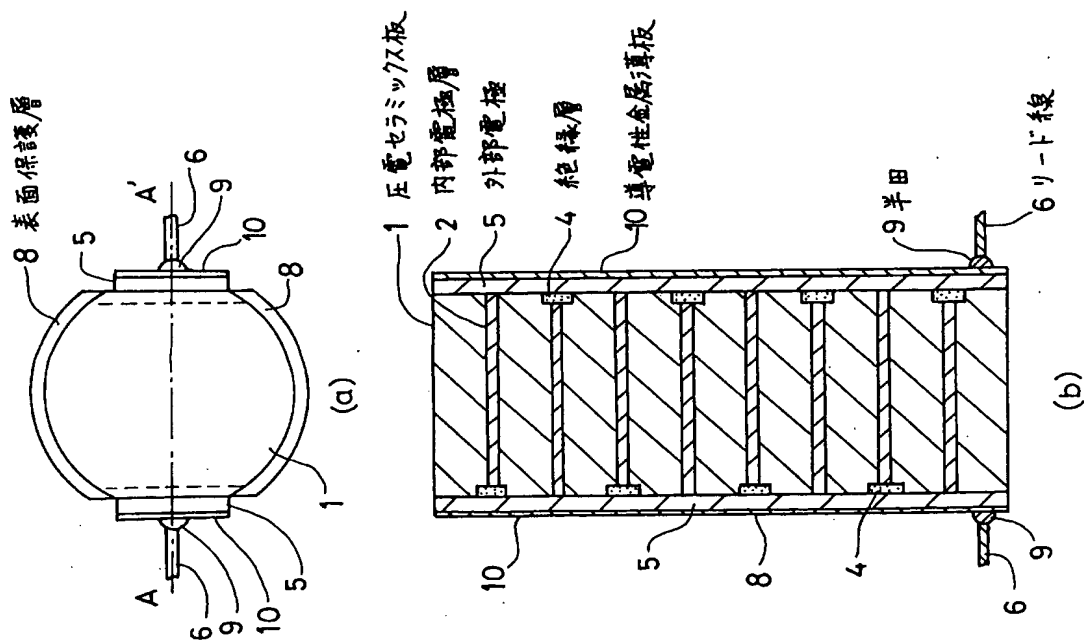
1：圧電セラミックス板、2：内部電極層、3：保護層、4：絶縁層、5：外部電極、6：リード線、7、7a：電源端子、8：表面保護層、9：半田、10：導電性金属薄板、11：平網導体、12：網線部、13：端子部。

代理人弁理士 山口 巖

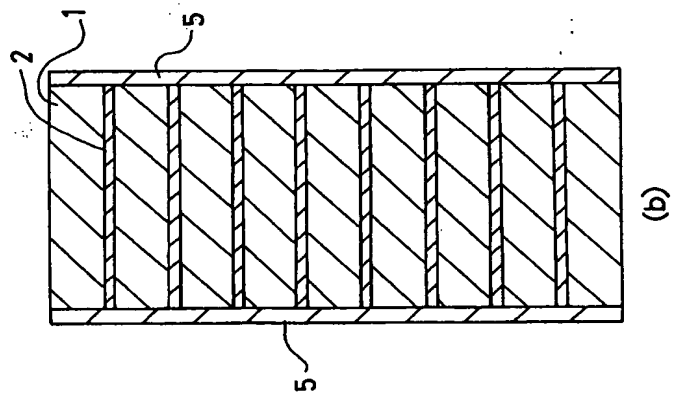
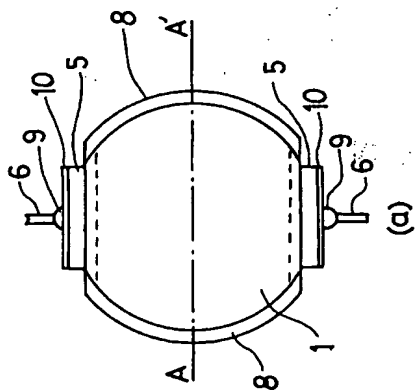


- 19 -

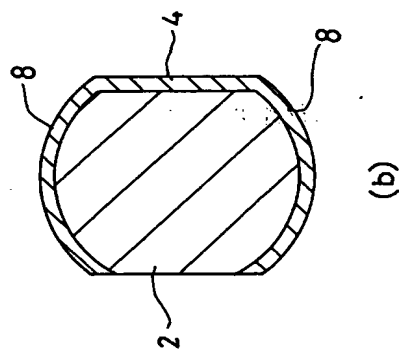
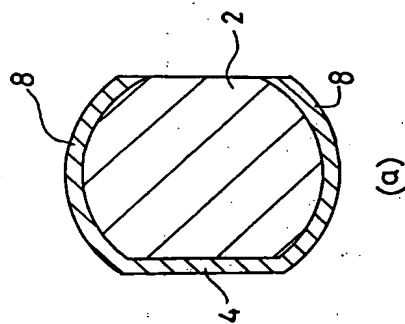
- 20 -



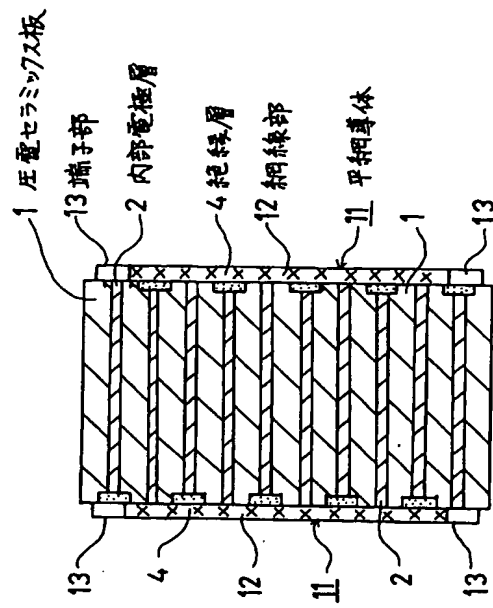
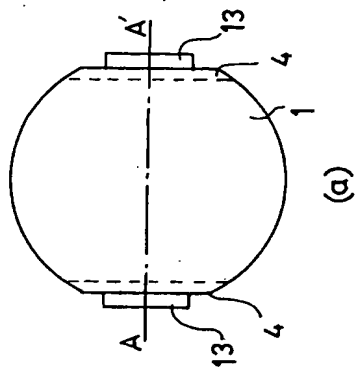
第1図



第 2 図

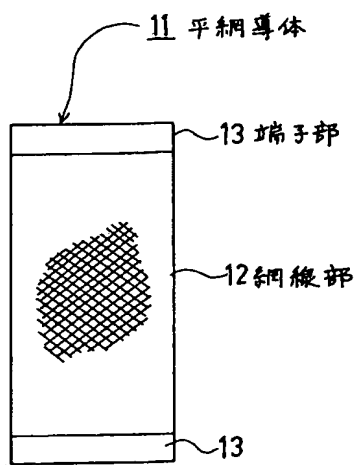


第 3 図

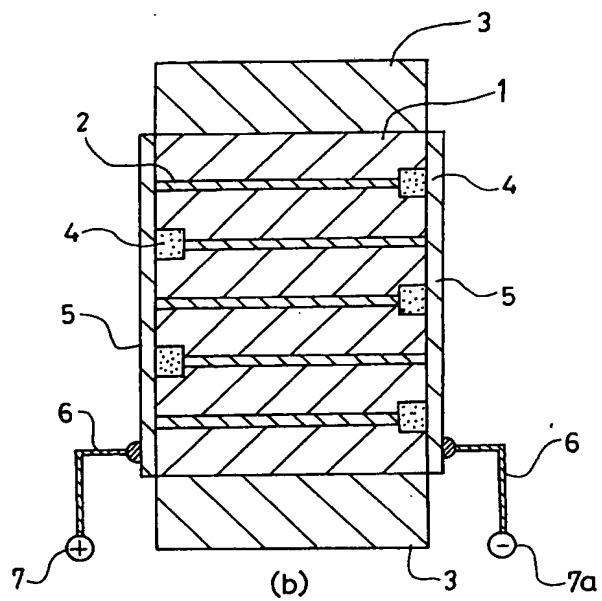
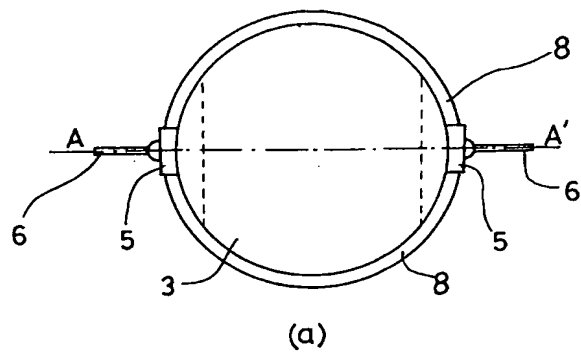


第 4 図





第 5 図



第 6 図